Revista Geográfica | 164 | enero-junio 2022 | Artículos | 13-20
ISSN (impresa) 0031-0581 | ISSN (en línea) 2663-399X
DOI: https://doi.org/10.35424/regeo.164.1039
Este es un artículo acceso abierto bajo la licencia CC BY-NC-SA 4.0

Efectos del cambio climático en la precipitación local del Parque Nacional Radal Siete Tazas, República de Chile, empleando un método de *downscaling* estadístico

Effects of climate change on local precipitation in Radal Siete Tazas National Park, República de Chile, using a statistical downscaling method

Juan José Garcés Gálvez[1]

Fecha de recibido: 23 de mayo de 2021
Fecha de aceptado: 2 de septiembre de 2021

Resumen

El estudio determinó los efectos del cambio climático en la precipitación local del Parque Nacional Radal Siete Tazas, República de Chile, empleando el método delta de downscaling estadístico. En términos promedio el sector experimentará una disminución de la precipitación diaria de un 14,7%. El método delta reprodujo las tendencias de los modelos globales considerando las particularidades observadas en el área de estudio.

Palabras clave: *cambio climático, Métodos de reducción de escala estadísticos, Modelos Climáticos Globales.*

Abstract

The study determined the effects of climate change on local precipitation in the Radal Siete Tazas National Park, República de Chile, using the delta

[1] Universidad de Santiago de Chile, Chile, correo electrónico: juan.garces@usach.cl

method of statistical downscaling. On average, the sector will experience a decrease in daily rainfall of 14.7%. The delta method reproduced the trends of the global models considering the particularities observed in the study area.

Key words: *Climate change, Statistical downscaling method, Global circulation model.*

Introducción

Los efectos del cambio climático afectan de forma desigual a los diferentes lugares del planeta, por lo que determinar el nivel de variación de los escenarios futuros a nivel local, permitiría una adecuada toma de decisiones en materia de mitigación y adaptación para unidades productivas, ciudades y sitios de protección ambiental. En este sentido, los parques nacionales en Chile protegen y conservan la biodiversidad del país, para mantener esta tarea es necesario conocer los efectos locales que tendrá el cambio climático. Específicamente los ecosistemas de la región del Maule que se encuentran en la zona de transición de los biomas del matorral esclerófilo chileno y del bosque templado lluvioso valdiviano, encontrándose entre los 35 *hotspots* mundiales de biodiversidad y clasificados entre las zonas más amenazadas por la iniciativa Global 200 del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus sigls en inglés) y el Banco Mundial (BM) (Mittermeier *et al.*, 2011; Salinas, 2015). El objetivo del presente trabajo es determinar los efectos del cambio climático en la precipitación local del Parque Nacional Radal Siete Tazas, República de Chile, empleando un método de *downscaling* estadístico.

Las Simulaciones Climáticas Globales o Modelos Climáticos Globales son representaciones numéricas de la dinámica atmosférica global empleadas como herramientas para simular las condiciones futuras del clima ante el aumento de los gases de efecto invernadero (Armenta *et al.*, 2016; *Intergovernmental Panel on Climate Change* ([IPCC], 2014). La resolución aproximada de estos modelos climáticos es de aproximadamente 100 a 200 km (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia [CR2], 2018), para representar el clima a escala regional o local esta resolución no es adecuada toda vez que los fenómenos locales no son reproducidos adecuadamente (Armenta *et al.*, 2016). Estos escenarios han sido configurados con diferentes características asociadas a distintos niveles de concentraciones de gases de efecto invernadero llamados *Representative Concentration Pathway* (en adelante RCP), destacando los escenarios extremos de gases de efecto invernadero: RCP 2.6 el más optimista y RCP 8.5, el más pesimista (Dirección Meteorológica de Chile, 2015; IPCC, 2014).

Para determinar los efectos de los Modelos Climáticos Globales a escala regional o local, se emplean métodos de *downscaling* (o de reducción de

escala), los cuales permiten analizar el comportamiento local de una variable de estudio (Blin, 2018). De acuerdo con Armenta *et al.* (2016), existen tres métodos de *downscaling*:

1. Estadísticos: por medio de relaciones estadísticas de largo plazo empleando datos observados se obtienen el comportamiento futuro de variables de interés.
2. Dinámicos: emplean modelos regionales de circulación y condiciones de borde de modelos globales para modelar el comportamiento de variables con resoluciones más detalladas. Este método requiere de grandes capacidades de cómputo.
3. Dinámico-estadísticos: combina los métodos anteriores para reducir la escala. Usualmente primero se aplica la reducción dinámica a una resolución aceptable y luego se realiza la reducción estadística.

En este estudio se emplea el método delta de downscaling estadístico aplicado a tres intervalos: 1) Futuro cercano (2021-2045), 2) Futuro intermedio (2046-2070) y 3) Futuro lejano (2071-2095). Al aplicar el método se determina una disminución media de un 14,7% en la precipitación media diaria del área de estudio.

Metodología

En las siguientes secciones se señalan los datos y métodos que se emplearon en el estudio.

Área de estudio

El Parque Nacional Radal Siete Tazas se ubica en la Región del Maule de Chile, a 50 km al sureste de la ciudad de Molina, en la parte superior de la cuenta de río Claro entre los 650 msnm y los 2 156 msnm; los ecosistemas representativos corresponden a Coironales (estepa alto andina del Maule) y Roble-Raulí-Coihue (Castro-Pantene *et. al.*, 2019). El parque es un sitio privilegiado por su gran biodiversidad y endemismo, cumpliendo un rol fundamental en la conservación de los ecosistemas originales de la zona (Consejo Ecológico Comunal de Molina, 2015). Administrativamente, existe una división entre zonas de reserva y parque nacional, pero para efectos del presente estudio se señalará como parque a toda el área protegida. En la Figura 1 se presenta la ubicación del parque y la estación meteorológica Fundo El Radal en el contexto regional.

Datos de precipitación

Se consideraron datos observados de una estación meteorológica del área de estudio y los datos de las Simulaciones Climáticas Globales.

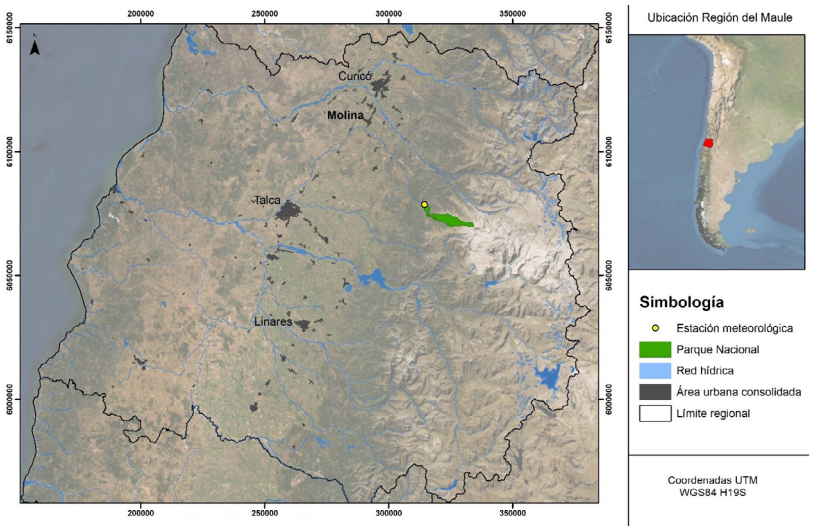

Figura 1. Parque Nacional Radal Siete Tazas.
Fuente: elaboración propia a partir de datos disponibles en Catálogo Nacional de Información Geoespacial. Geoportal de Chile. https://geoportal.cl

Datos observados

Se emplearon los datos observados de la estación meteorológica Fundo El Radal, ubicada en el área de estudio. El período de datos registrados es del año 1992 al 2020. Para efectos de aplicación del método de *downscaling* se consideraron los datos del período 1995-2019 para comprender un horizonte temporal de 25 años.

Simulaciones Climáticas Globales

Se descargaron los datos de precipitación de 45 modelos climáticos globales para el área de estudio, disponibles en la plataforma de simulación climática del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2. Para cada modelo se descargó la información de los períodos históricos y escenarios RCP2.6 y RCP8.5.

Métodos

La metodología de trabajo consideró:

1. La descarga de data meteorológica observada y modelada para el área de estudio;
2. La aplicación del método delta de *downscaling* estadístico, para esto se consideraron cuatro intervalos temporales de 25 años (Período base (1995-

2019), Futuro cercano (2021-2045), Futuro intermedio (2046-2070) y Futuro lejano (2071-2095));

3. El análisis de la variación de la precipitación para los diferentes intervalos temporales. En la Figura 2 se ilustra la metodología mencionada. Es importante señalar que se empleó el promedio de las proyecciones de los modelos globales.

Figura 2. Metodología. Fuente: elaboración propia.

Método delta aplicado a la precipitación

El método delta consiste en la determinación de factores de cambio o escalamiento mensual para una variable y el posterior escalamiento de la serie base (Blin, 2018; Camici *et al.*, 2014; Hamlet *et al.*, 2010; Tohver y Hamlet, 2014). Específicamente para el caso de la precipitación se consideró:

Factor de escalamiento (Ecuación 1).

$$d_{P,k} = \frac{P_GCM_k^{futuro}}{P_GCM_k^{período\ base}} \quad (1)$$

Donde:

K: mes.

P_GCM: Precipitación media del modelo global.

Escalamiento de la serie diaria (Ecuación 2).

$$P_OBS_k^{futuro} = P_OBS_k^{período\ base} \times d_{P,k} \quad (2)$$

Donde:

K: mes.

P_OBS: Precipitación diaria observada.

Resultados

En la Tabla 1 se presenta la variación diaria promedio de la precipitación para el Período base (1995-2019), Futuro cercano (2021-2045), Futuro intermedio (2046-2070) y Futuro lejano (2071-2095). En la Figura 3 se aprecia que tanto el escenario RCP8.5 y RCP2.6 se ubican bajo la media de la precipitación del período base.

Tabla 1. Variación de la precipitación diaria para diferentes intervalos temporales

Precipitación (mm/día)	*Período base (1995-2019)*	*Futuro cercano (2021-2045)*		*Futuro intermedio (2046-2070)*		*Futuro lejano (2071-2095)*		*Futuro total (2021-2095)*	
		RCP 8.5	*RCP 2.6*	*RCP 8.5*	*RCP 2.6*	*RCP 8.5*	*RCP 2.6*	*RCP 8.5*	*RCP 2.6*
Media	4,6	4,1	3,9	3,8	3,9	3,6	4,1	3,8	4,0
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	216,5	183,2	182,4	175,1	185,3	164,3	186,6	183,2	186,6

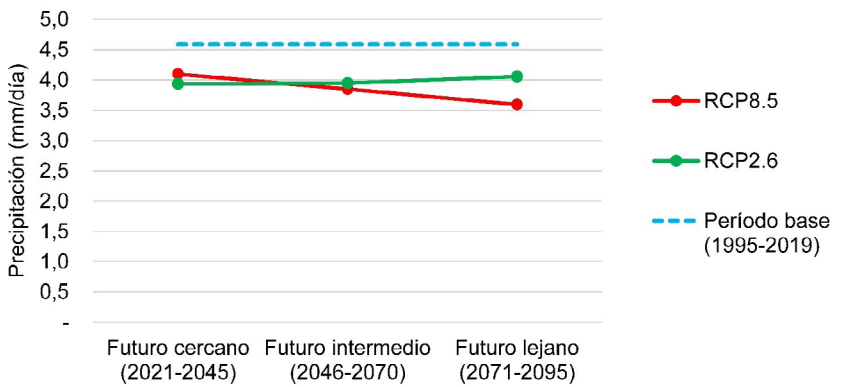

Figura 3. Precipitación media diaria.

Discusión

Ambos escenarios extremos de gases de efecto invernadero, RCP 2.6 el más optimista y RCP 8.5 el más pesimista, configuran condiciones de disminución de la precipitación para todos los intervalos de análisis, presentando disminuciones entre un 10,7% y un 21,7%. Específicamente en el período 2021 a 2095, el escenario RCP2.6 proyecta una disminución promedio de las precipitaciones de un 13,3% y el escenario RCP8.5 de un 16,2%, coincidiendo que el escenario RCP2.6 es más optimista en términos de precipitación.

De acuerdo con el análisis de los escenarios RCP realizado por Rojas (2014), en el centro y sur de Chile las precipitaciones disminuirán entre un 5% y un 20%. Considerando que el lugar de estudio —Parque Nacional Radal Siete Tazas— se sitúa la zona central de Chile, el pronóstico realizado con el método delta se encuentra en el rango superior de la disminución de la precipitación previsto por el análisis de Rojas.

Conclusiones

De aplicación del método delta de *downscaling* estadístico y el análisis de sus resultados a nivel local se pueden obtener las siguientes conclusiones:

1. El método delta es de fácil y rápida aplicación, aspecto que es relevante al instalar capacidades de análisis en instituciones locales encargadas de la mitigación y adaptación al cambio climático;
2. El método mantiene las tendencias de los modelos globales y las particularidades registradas localmente;
3. Una desventaja es que se debe contar con un amplio período de datos observados en una estación meteorológica del área de estudio;
4. El área de estudio experimentará una disminución de las precipitaciones que fluctuará entre un 13,3% y un 16,2%.

Bibliografía

Armenta, G., Villa, J. & Jácome, P. (2016). *Proyecciones climáticas de precipitación y temperatura para Ecuador, bajo distintos escenario de cambio climático*.

Blin, N. (2018). *Efectos del cambio climático en el acuífero del salar del Huasco*, 81. Santiago, Chile. https://repositorio.uc.cl/handle/11534/22273

Camici, S., Brocca, L., Melone, F., & Moramarco, T. (2014). Impact of Climate Change on Flood Frequency Using Different Climate Models and Downscaling Approaches. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(8). https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000959

Castro-Pantene, C., Carrasco, H., Villa, A., & Palma-Aedo, N. (2019). Animales domésticos ferales y meso-mamíferos invasores del Parque Nacional Radal Siete Tazas. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural*, 68, 121-130. http://publicaciones.mnhn.gob.cl/668/articles-94500_archivo_01.pdf

Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2 (2018). *Guía de referencia para la plataforma de visualización de simulaciones climáticas*. https://www.cr2.cl

Consejo Ecológico Comunal de Molina (2015). *Flora y Fauna Nativa del Parque Nacional Radal Siete Tazas, Molina*. Molina, Chile. http://concejoecologicomolina.cl/descarga/

Dirección Meteorológica de Chile (2015). *Resumen de Informe de Simulaciones Climáticas - Análisis de los Resultados Convenio Alta Dirección Pública*, Dirección

Meteorológica de Chile, Objetivo N° 3. Santiago. http://archivos.meteochile.gob.cl/portaldmc/meteochile/documentos/SintesisInformeClima.pdf

Geoportal de Chile. https://www.geoportal.cl

Hamlet, A., Salathé, E., and Carrasco, P. (2010). *Statistical downscaling techniques for global climate model simulations of temperature and precipitation with application to water resources planning studies*. https://digital.lib.washington.edu/researchworks/bitstream/handle/1773/38428/2010

IPCC (2014). *Resumen para responsables de políticas. Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático*. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Reino Unido y Nueva York: Cambridge University Press.

Mittermeier, W., Turner, W., Larsen, F., Brooks, T. and Gascon, C. (2011). Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. *Biodiversity hotspots (*3-22), Springer Berlin Heidelberg.

Rojas, M. (2014). Último informe del IPCC: evidencias del calentamiento global. *Beauchef Magazine*. http://ingenieria.uchile.cl/publicaciones/101342/edicion-1er-semestre-2014-la-nueva-mineria-chilena

Salinas, P. (2015). *Diagnóstico del estado y tendencia de la biodiversidad en las regiones de Chile: Región del Maule. Ministerio del Medio Ambiente*. Departamento de Políticas y Planificación de la Biodiversidad, Santiago. https://biodiversidad.mma.gob.cl/avance-actualizacion-erb-maule/

Tohver, I. and Hamlet, A. (2014). *Impacts of 21st century climate change on hydrologic extremes in the Pacific Northwest region of North America*. Wiley Online Library. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jawr.12199